

0-792318

*Шардин*

*На правах рукописи*

**ШАРДИН АНТОН АЛЕКСЕЕВИЧ**

**МЕТОДЫ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ  
ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СТРАТЕГИИ ПРЕДПРИЯТИЯ  
С УЧЕТОМ ФАКТОРОВ РИСКА**

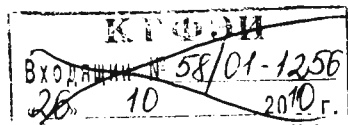
Специальность 08.00.13 –

Математические и инструментальные методы экономики

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

Москва 2010



Работа выполнена на кафедре математических методов в экономике ГОУ ВПО  
«Российская экономическая академия им. Г. В. Плеханова».

Научный руководитель:

доктор экономических наук, профессор  
**Халиков Михаил Альфредович**

Официальные оппоненты:

доктор экономических наук  
**Бендиков Михаил Абрамович**  
кандидат экономических наук  
**Щепилов Михаил Викторович**

Ведущая организация:

Учреждение Российской академии наук  
Институт системного анализа РАН  
(ИСА РАН)

Защита диссертации состоится 18 ноября 2010 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета по присуждению ученой степени доктора экономических наук Д 212.196.01 в ГОУ ВПО «Российская экономическая академия им. Г. В. Плеханова» по адресу: 117997, Москва, Стремянный пер., д. 36, корп. 3, ауд. 353.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российской экономической академии им. Г. В. Плеханова.

Автореферат разослан 14 октября 2010 г.

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КГУ



0000712574

Ученый секретарь

Диссертационного совета Д 212.196.01

Доктор технических наук, профессор

**Л.Ф. Петров**

**Актуальность темы исследования.** Неопределенность внешних и внутренних условий функционирования и развития, увеличение числа угроз потери экономической устойчивости предпринимательских структур различного уровня, ставшие характерной чертой постиндустриального этапа развития мировой экономики, предполагают необходимость учета рисков их рыночной деятельности при решении задач оценки эффективности и управления производством и финансами.

В научной литературе постановки подобных задач в основном рассмотрены для финансово-кредитных организаций, деятельность которых характеризуется высокой интенсивностью ресурсно-информационных потоков, что позволяет на основе накопленной статистики достоверно определять показатели и количественные характеристики исследуемых рисков и разрабатывать адекватные их содержанию подходы к управлению на основе методов математической статистики.

Риски производственного предприятия, сопровождающие его производственную и финансовую деятельность, с одной стороны, намного разнообразнее, но, при этом, статистика большинства из них не обеспечена соответствующими процедурами мониторинга, а, с другой, – характер их проявления в силу специфики производственной деятельности, характеризующейся многовариантностью принятия решений на различных этапах и иерархических уровнях, существенно повышающей субъективизм и неопределенность, не позволяет в полном объеме использовать арсенал традиционных методов планирования и управления, основанных на упрощенных процедурах учета риска. Это значительно снижает эффективность управленческих решений: риск либо не учитывается, либо, наоборот, против риска резервируется необоснованно высокие активы, что приводит к снижению экономической устойчивости предприятия даже в условиях стабильной экономики.

В этой связи разработка и совершенствование экономико-математического инструментария, включающего адекватные складывающимся рыночным реалиям и требованиям хозяйственной практики методы и математические модели количественной оценки, учета и управления рисками производственной и финансовой сфер промышленного предприятия, приобретает особую актуальность.

**Степень научной разработанности проблемы.** Теория планирования и управления производственной и финансовой сферами промышленного предприятия, функционирующего в условиях стабильного рыночного окружения, насчитывает более чем вековую историю, а ее развитие связано с исследованиями основоположников и последователей неоклассической



**Цель, направления и задачи исследования.** Целью диссертационного исследования является разработка и совершенствование теоретических подходов, экономико-математических методов и математических моделей формирования производственной стратегии предприятия с учетом рисков производственной и финансовой сфер его рыночной деятельности.

Для достижения поставленной цели в работе сформулированы и решены следующие задачи:

- структурированы риски рыночной деятельности предприятия, учитываемые при формировании его производственной стратегии, проведена их классификация и группировка по производственной и финансовой сферам;

- определен минимально полный и непротиворечивый набор финансово-экономических показателей, характеризующих уровень риска производственной и финансовой сфер предприятия;

- разработаны теоретические подходы, методы и численные процедуры формирования барьерных значений финансово-экономических показателей-индикаторов риска;

- обоснованы адекватные задаче формирования производственной стратегии предприятия, функционирующего в условиях динамично изменяющихся внешней и внутренней сред, методы моделирования ПФ с учетом производственно-технологических, финансово-ресурсных, рыночных и «рисковых» ограничений;

- разработаны постановка задачи, теоретический подход и метод экономико-математического моделирования производственной стратегии предприятия, включающий:

- процедуры количественной оценки и учета рисков производственной и финансовой сфер;

- математическую модель формирования оптимального варианта производственной стратегии с учетом рисков его рыночной деятельности;

- численные процедуры поиска оптимального решения и определения интервала его устойчивости;

- разработан информационный и программный инструментарий процедур формирования оптимального варианта производственной деятельности и проведена его опытная эксплуатация на машиностроительном предприятии.

**Объект исследования:** промышленное предприятие акционерной формы собственности, функционирующее в условиях неопределенности внешней (рыночной) и внутренней (производственно-технологической) сред.

**Предмет исследования:** экономико-математические методы и модели формирования производственной стратегии предприятия с учетом рисков его рыночной деятельности.

**Методологическая, теоретическая и информационная основа исследования.** Теоретико-методологической основой исследования являются положения классической теории производства, разработанные отечественными и зарубежными учеными подходы и методы оценки и учета рисков производственной и финансовой деятельности предприятия, а также математический инструментарий задач моделирования его производственной и финансовой сфер.

В работе использовались методы дифференциальных уравнений, эконометрики, нейронных сетей и математического программирования, финансового анализа, теории риска и математики нечетких множеств.

Информационную основу исследования составили информационные и справочные материалы, отражающие актуальное положение предприятий в различных отраслях промышленности, законодательные акты, регламентирующие производственную и финансовую деятельность предприятий, а также данные бухгалтерской и финансовой отчетности российских предприятий, собранные и систематизированные автором.

**Научная новизна результатов исследования** состоит в разработке теоретического подхода и метода математического моделирования оптимальной по критерию интегрального результата рыночной деятельности производственной стратегии предприятия с учетом производственно-технологических, финансово-ресурсных и рыночных ограничений, а также рисков, составляющей его производственной и финансовой сфер, учитываемой в функционале модели и системе ограничений.

**Наиболее важными результатами, полученными лично автором и выносимыми на защиту, являются следующие:**

- выявлены риски производственной и финансовой сфер предприятия, а также характеризующий их уровень набор финансово-экономических показателей, включающий коэффициенты рентабельности собственного капитала (как индикатора производственного риска) и автономии (как индикатора финансового риска), для которого обоснованы полнота и непротиворечивость индикаторов риска;
- разработаны подход, методы и численные процедуры формирования и отражения в целевой функции и системе ограничений модели предприятия барьерных значений индикаторов риска производственной и финансовой сфер, характеризующих условия его рыночной деятельности, а также состояние производственно-технологической и финансово-ресурсной баз;

- разработан метод моделирования производственной деятельности предприятия, основанный на использовании сценарного подхода, позволяющего учесть динамику изменения параметров внешней и внутренней сред предприятия, влияющих на уровень риска его рыночной деятельности;

- разработаны теоретический подход и метод количественной оценки влияния факторов внешней и внутренней сред предприятия на результаты его рыночной деятельности, основанные на использовании в коэффициентах ПФ двойственных оценок производственно-технологических, финансово-ресурсных, рыночных и «рисковых» ограничений;

- для задач дискретной оптимизации большой размерности разработана численная процедура поиска квазиоптимального решения соответствующего непрерывного аналога с использованием процедуры локальной оптимизации получаемого на очередном шаге решения, позволяющая существенно повысить скорость сходимости итерационного алгоритма.

**Теоретическая и практическая значимость исследования.** Теоретическая значимость результатов исследования заключается в разработке и совершенствовании теоретических подходов, экономико-математических методов и математических моделей формирования оптимальной производственной стратегии предприятия с учетом рисков производственной и финансовой сфер его рыночной деятельности.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что разработанные автором подходы, методы и численные процедуры формирования производственной стратегии промышленного предприятия могут быть использованы в его практической деятельности при планировании производства и выборе тактики поведения на материальных и финансовых рынках.

**Апробация и внедрение результатов исследования.** Основные результаты диссертационной работы обсуждены и одобрены на заседаниях кафедры математических методов в экономике РЭА им. Г.В. Плеханова, докладывались на XXII Международных Плехановских чтениях (г. Москва, 2009 г.), на III международной научно-практической конференции «Управление в XXI веке» (г. Киров, 2009 г.).

Постановка задачи и математическая модель формирования оптимальной по рыночному критерию производственной стратегии предприятия с учетом факторов риска использованы при подготовке рукописи учебного пособия «Моделирование микроэкономики» (часть вторая: «Нелинейные модели производства и потребления»).

Методы и модели количественной оценки и управления рисками производственной и финансовой сфер промышленного предприятия использовались при разработке рабочего

проекта автоматизированной системы управления производственной и финансовой деятельностью ОАО «Сантехприбор» (г. Казань, Республика Татарстан).

**Публикации по теме диссертации.** Основные положения диссертационной работы отражены в шести авторских публикациях общим объемом 3,51 п.л. (из них авторских – 2,42 п.л.), в том числе в трех работах, опубликованных в изданиях, рекомендованных ВАК.

**Структура, объем и содержание диссертации.** Диссертационная работа включает введение, три главы, заключение, список литературы и шесть приложений. Объем диссертации – 252 м.л., в том числе 212 м.л. основного текста, 26 таблиц и 8 рисунков. Список цитируемой литературы включает 133 источника, в том числе 31 – на иностранном языке и 9 – интернет-сайтов.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, проведен анализ степени её разработанности, определены цель, задачи, объект и предмет исследования, раскрыты научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационной работы.

В первой главе «**Производственные функции объектов микроэкономики: методы построения и сфера применения**»: определены место и роль теории ПФ в задачах планирования, прогнозирования и управления производственной деятельностью промышленных предприятий; проведен сравнительный анализ подходов и численных процедур экономико-математического моделирования ПФ предприятия с использованием методов дифференциальных уравнений, математического программирования, эконометрики и нейронных сетей, и выявлены присущие перечисленным методам достоинства и недостатки; предложена концепция экономико-математического моделирования ПФ с учетом факторов риска рыночной деятельности предприятия на основе методов математического программирования.

Во второй главе «**Анализ, классификация и методы формализации рисков рыночной деятельности промышленного предприятия**»: выявлены риски рыночной деятельности предприятия, проведена их классификация по признакам сферы возникновения и степени формализуемости; выделены риски, характеризующие производственную и финансовую сферы предприятия, предложены методы их количественной оценки и учета в моделях производственного планирования и управления, определен минимально полный и непротиворечивый набор индикаторов риска; представлены теоретический подход и методы формирования барьерных значений показателей риска, отражающих динамику изменения экзогенных и эндогенных параметров внешней и внутренней сред предприятия.

В третьей главе «**Методология моделирования производственной деятельности предприятия с учетом факторов риска**» представлены: описание и математический инструментальный решения задачи моделирования оптимальной производственной стратегии



предприятия с учетом рисков его производственной и финансовой сфер, включая методы формализации предполагаемого сценария изменения внешней и внутренней сред предприятия; описание структуры и элементного состава модели формирования оптимальной производственной стратегии предприятия; содержание численной процедуры поиска решения в генерируемой задаче дискретной оптимизации; описание метода и численного алгоритма восстановления аналитического образа ПФ предприятия на основе двойственных оценок ресурсных, рыночных и «рисковых» ограничений; описание методов и численных процедур экономико-математического анализа эффективности и планирования производственной деятельности предприятия с учетом факторов риска.

В заключении представлены основные результаты диссертационного исследования и вытекающие из них выводы.

## II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе обоснована целесообразность использования в задачах формирования оптимального по рыночному критерию варианта производственной деятельности предприятия (включающего, в том числе, варианты производственной программы и финансирования основной производственной деятельности) методов математического программирования. Эти методы позволяют решать широкий круг задач производственного и финансового планирования с учетом влияния разнообразных факторов внешней и внутренней сред предприятия, включая и риски производственной и финансовой сфер, на результат его рыночной деятельности.

Существенной особенностью методов математического программирования является возможность формирования на основе оптимального решения аналитического представления ПФ предприятия в форме линейной свертки двойственных оценок используемых в модели ограничений, включая и «рисковые»:

$$F(\bar{B}) = \sum_{i=1}^n b_i \cdot u_i, \quad (1)$$

Где:  $n$  – число учитываемых ограничений по объемам привлекаемых ресурсов или используемых активов;  $u_i (i = \overline{1, n})$  – двойственная оценка  $i$ -го ограничения;  $b_i (i = \overline{1, n})$  – величина  $i$ -го ограничения.

На основе представления (1) возможна организация процедур экономико-математического анализа оптимального решения и определения количественных характеристик эффективности деятельности предприятия на товарных, сырьевых и финансовых рынках.

Автором предложено модифицировать традиционное «ресурсное» представление ПФ за счет включения «рисковой» составляющей, что позволяет расширить набор учитываемых в модели предприятия рисков, а также провести анализ корректности их включения в систему ограничений и (или) целевую функцию.

В этой связи отметим, что такой подход встречался и ранее. Например, в научно-практической литературе по проблематике экономико-математического моделирования производственных инвестиций эффективность собственного участия инвестора в проекте или допустимый уровень риска заемного финансирования отражались в системе ограничений, конкретизирующих структуру источников финансирования.

Однако указанные и другие методы учета рисков в задачах производственного и инвестиционного планирования предполагали их управление на основе возможного демпфирования путем регулируемого изменения элементного и объемного составов производственной программы. Такой подход, однако, учитывает только часть внешних рисков и не предусматривает учета влияния всей совокупности рисков производственной и финансовой сфер предприятия на результаты его рыночной деятельности.

В работе уточнен состав и приведена классификация рисков предприятия по сфере возникновения (рис. 1). При этом отмечено разнообразие подходов к оценке и учету риска соответствующей сферы. Общим в этих подходах является отождествление рискового события с величиной упущенной выгоды, что характеризует риск производственной сферы, либо с полной или частичной потерей платежеспособности, что характеризует риск финансовой сферы.

В рамках традиционного вероятностного подхода известны следующие аналитические выражения риска:

$$Risk = M[X] \text{ либо} \quad (2)$$

$$P(X \leq VaR_\gamma) = \gamma, \quad (2')$$

где:  $Risk$  – количественная оценка возможного ущерба;  $X$  – случайная величина возможных потерь (в стоимостном выражении), для которой  $P(X)$  – функция плотности распределения,  $M[X]$  – математическое ожидание;  $VaR_\gamma$  – величина возможных потерь, для которой предполагается, что она не будет преаышена с наперед заданной вероятностью  $\gamma$ ,

согласно которым под риском понимается среднее значение потерь (в первом случае), либо максимально возможная величина потерь, реализуемая с вероятностью  $\gamma$  (во втором случае).

Применение выражений (2) и (2') в задачах оценки и учета риска предполагает наличие репрезентативной статистической базы, позволяющей с приемлемой степенью точности подобрать закон распределения  $P(X)$  потерь, инициируемых рисковым событием,

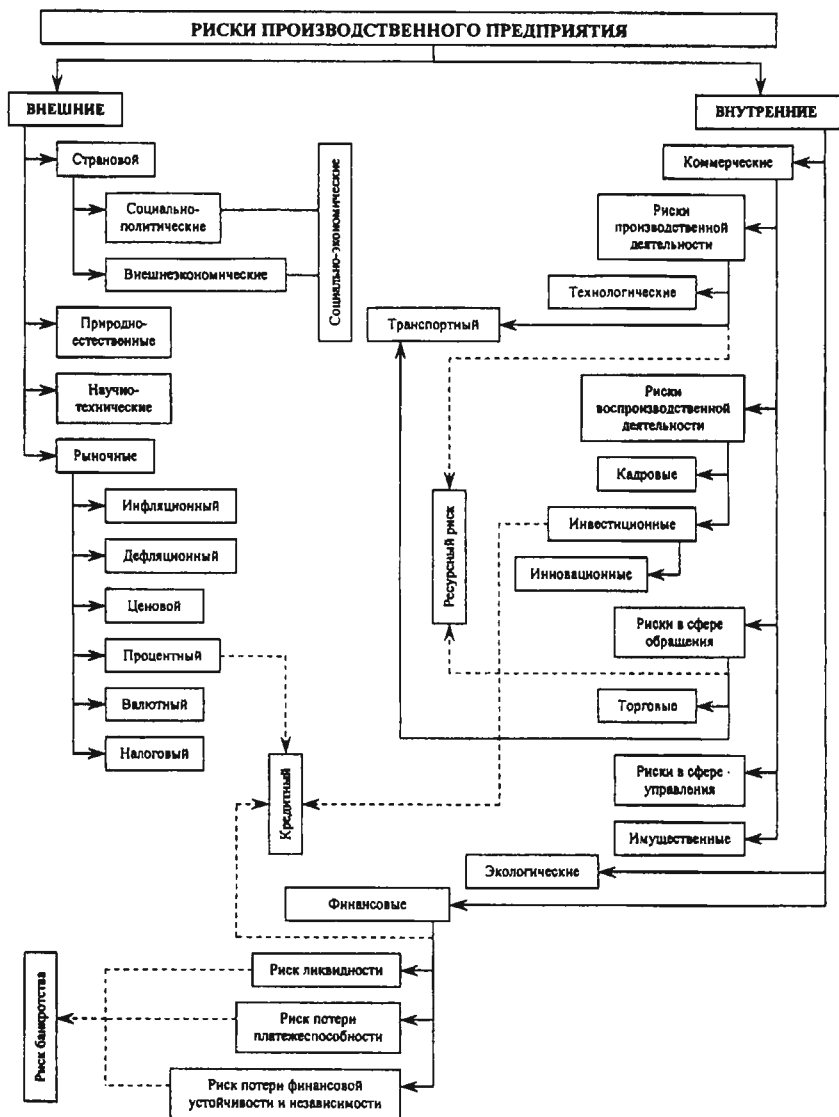


Рис. 1. Классификация рисков производственного предприятия (по сферам возникновения).

что, однако, не всегда возможно по причинам отсутствия необходимой информации о реализации рисков событий и ущербах, а также взаимной обусловленности различных рисков. По этой причине автором предложено в процедурах оценки и учета рисков использовать нормативный подход, основанный на использовании интервалов возможных

отклонений значений финансовых коэффициентов структуры капитала, ликвидности, рентабельности и др., характеризующих результаты рыночной деятельности предприятия, от их нормативных (заранее определенных) значений.

В работе на конкретных примерах показано, что условием корректного применения такого подхода к оценке рисков рыночной деятельности предприятия является использование минимально избыточного и непротиворечивого набора финансово-экономических показателей, выделяемого из всей совокупности показателей, характеризующих финансовую устойчивость, платежеспособность и ликвидность, рентабельность и деловую активность, а также инвестиционную привлекательность бизнеса. Это позволяет уменьшить эффекты коррелированности значений показателей риска и «поглощения» оценок одних рисков другими.

Анализируя состав рисков конкретной сферы рыночной деятельности предприятия, автором отмечено, что показатель-индикатор риска финансовой сферы следует выделить из группы коэффициентов структуры капитала, финансовой устойчивости, ликвидности и платежеспособности (являющихся первичными показателями риска этой сферы).

Установлено, что выбор показателя-индикатора частных рисков этой сферы следует осуществить среди коэффициентов автономии ( $K_A = \alpha_1$ ), финансовой устойчивости ( $K_Y = \alpha_2$ ), маневренности собственных средств ( $K_M = \alpha_3$ ), обеспеченности оборотных средств собственными источниками финансирования ( $K_O = \alpha_4$ ) и текущей ликвидности ( $K_{Тл} = \alpha_5$ ), для которых, в свою очередь, доказана взаимосвязь их значений<sup>2</sup>: фиксируя значения любых трех показателей из пяти, удается получить значения оставшихся двух показателей. Это обстоятельство позволило констатировать, что риски финансовой сферы предприятия в полной мере характеризуют любые три из показателей  $\alpha_1 - \alpha_5$  (например,  $\alpha_1, \alpha_2$  и  $\alpha_4$ ).

При этом  $\alpha_1$  является в тройке основным, определяющим также и динамику поведения коэффициента  $\alpha_4$ , что обусловлено приоритетом показателя удельного веса собственных средств в общем объеме источников финансирования как основного показателя финансовой устойчивости предприятия. На этом основании в работе сделан вывод, что риск финансовой сферы в моделях предприятия целесообразно учитывать на основе коэффициента автономии  $K_A = \alpha_1$ .

Его значение, характеризующее уровень конфликтности интересов собственников и кредиторов и, следовательно, являющееся измерителем риска финансовой сферы предприятия, рассчитывается по формуле:

---

<sup>2</sup> Этот результат получен автором совместно с Хечумовой Э.А.

$$K_A = CC / BB, \quad (3)$$

где:  $CC$  – собственные средства;  $BB$  – валюта баланса.

Толкование показателей рентабельности и деловой активности как индикаторов риска производственной сферы обосновано содержанием процедуры их расчета, основанной на приведении интегрального результата производственной деятельности к ед. анализируемого в рассматриваемом показателе актива или пассива, что в полной мере характеризует риск этой сферы.

По этой причине показатель-индикатор риска производственной сферы следует выбирать из группы коэффициентов рентабельности продаж ( $\alpha_6$ ), оборачиваемости оборотных активов ( $\alpha_7$ ), оборачиваемости внеоборотных активов ( $\alpha_8$ ) и  $ROE$  – рентабельности собственного капитала ( $\alpha_9$ ). В работе установлено, что на основе показателей  $\alpha_6 - \alpha_8$  возможно рассчитать значения коэффициентов оборачиваемости активов ( $K_{OA} = \alpha_7 + \alpha_8$ ) и рентабельности активов ( $ROA = \alpha_6 \cdot (\alpha_7 + \alpha_8)$ ).

Анализ численных процедур формирования и экономической интерпретации показателей  $K_{OA}$ ,  $ROA$  и  $ROE$  приведенной группы с учетом того обстоятельства, что основной целью акционеров и других собственников предприятия является обеспечение максимальной отдачи на инвестированный капитал (без уточнения способа его участия в финансировании производственной деятельности), позволил автору обосновать вывод, что коэффициент  $ROE$ , рассчитываемый по формуле:

$$ROE = 2 \cdot ЧП / (2 \cdot CC_n + ЧП), \quad (4)$$

где:  $ЧП$  – чистая прибыль;  $CC_n$  – собственные средства на начало рассматриваемого периода, претендует на роль индикатора риска производственной сферы.

Этот вывод обусловлен также содержанием процедуры расчета коэффициента  $ROE$ , в которой экономический результат производственной деятельности увязывается с величиной собственной доли производственного капитала, финансирующего эту сферу.

Дополнительным мотивом выбора в пользу использования показателей  $ROE$  и  $K_A$  как индикаторов риска соответственно производственной и финансовой сфер предприятия является совпадение информационно-справочной базы их расчета с базой оценки рисков указанных сфер деятельности.

Использование нормативного подхода к учету рисков производственной и финансовой сфер предприятия в процедурах математического моделирования его производственной стратегии в работе предполагается осуществить на этапе формирования системы ограничений модели, что открывает возможность на основе двойственных оценок ограничений оценить влияние величины риска на функционал модели.

В рамках используемого в работе нормативного подхода к оценке и учету рисков рыночной деятельности предприятия необходимо определить диапазоны приемлемых значений показателей, оценивающих их величину. В качестве последних можно рекомендовать значения показателей-индикаторов риска, предлагаемых контрольно-финансовыми органами исполнительной власти регионального и федерального уровней.

Однако такой подход игнорирует особенности изменения параметров внешней и внутренней сред конкретного предприятия, влияющих на состояние товарных и финансовых рынков, а также его производственно-технологической и финансово-ресурсной баз. По этой причине указанные нормативы финансовых коэффициентов не могут быть приняты в качестве универсальных.

В работе предложено использовать специальные методы и численные процедуры определения барьерных (пороговых) значений показателей-индикаторов риска  $ROE$  и  $K_A$ .

Барьерное значение коэффициента  $ROE$  в работе предлагается определять по правилу<sup>3</sup>:

$$ROE^* = \max\{r, \nu, \mu\}, \quad (5)$$

где:  $r$  – безрисковая ставка доходности;  $\nu$  – среднеотраслевая доходность инвестированного капитала;  $\mu$  – планируемая собственниками отдача на вложенный капитал.

При этом величину  $\nu$  предлагается определить на основе модели средневзвешенной стоимости капитала WACC (weighted average cost of capital):

$$\nu = (WACC - \theta_w \cdot \omega \cdot (1 - \delta)) / \theta_v, \quad (6)$$

где:  $WACC$  – средневзвешенная стоимость капитала (средняя за наблюдаемый горизонт планирования);  $\theta_v$  – доля собственных средств в активах;  $\theta_w = 1 - \theta_v$  – доля заемных средств в активах;  $\omega$  – цена заемного капитала;  $\delta$  – ставка налога на прибыль.

Целесообразность применения правила (5) обосновывается следующими фактами: ориентация на объективную рыночную информацию, возможность сопоставительной оценки показателя с его среднеотраслевым значением, возможность рассмотрения собственниками альтернативных вариантов вложения капитала.

Барьерное значение коэффициента  $K_A$  предложено определять на основе уравнения:

$$\omega^{(S)} = f^{(S)}(K_A^*), \quad (7)$$

где:  $\omega^{(S)}$  – цена заемного финансирования при заданном объеме кредитных ресурсов  $S$ ,

связывающего значение последнего с регулируемой рынком процентной ставкой  $\omega^{(S)}$  по заемным средствам, что обосновано логикой поведения заемщика на финансовом рынке,

<sup>3</sup> Максимум из приведенных компонент выбирается по той причине, что собственники предполагают максимальную отдачу на вложенный капитал, и, сравнивая альтернативные варианты его вложения, выбирают тот, который при прочих равных условиях гарантирует максимальную доходность.

учитывающей планируемый объем кредитования и структуру капитала заемщика (отраженной в коэффициенте автономии).

Для установления аналитической зависимости в паре «цена капитала-коэффициент автономии» в работе используется интерполяционный многочлен Лагранжа:

$$\omega^{(S)} = a_0 + a_1 \cdot (K_A^*) + a_2 \cdot (K_A^*)^2 + \dots + a_n \cdot (K_A^*)^n, \quad (8)$$

где:  $a_k (k = \overline{0, n})$  – коэффициенты полинома,

степень которого в каждом конкретном случае подбирается индивидуально.

Это предложение в работе обосновано наличием относительно небольшого числа наблюдаемых пар узловых точек (вход-выходных пар  $(\omega^{(S)}; K_A^*)$ ), что существенно затрудняет применение для целей ее получения других, и, в частности, факторных моделей.

Уравнение (8) в общем случае имеет  $n$  корней. Действительный корень  $K_A^*$  в интервале, отражающем его экономически обоснованное значение, может быть найден одним из методов последовательных приближений, например, Ньютона.

В задачах моделирования производственной деятельности предприятия риски производственной и финансовой его сфер, как указано выше, обычно принято учитывать в системе ограничений. Однако такой подход к учету рисков не может считаться в полной мере удовлетворительным по следующим причинам. Во-первых, коэффициент  $ROE$  не приспособлен для явного отражения риска производственной сферы в системе ограничений модели, во-вторых, этот показатель не в полной мере отражает остаточные риски производственной сферы (технологические, операционные, торговые, транспортные и др.), а, в-третьих, в модели необходимо отразить риски внешней среды, включающие, например, риск рыночного результата, связанный с неопределенностью спроса и цен.

Использование в системе «рисковых» ограничений показателя  $ROE$  не может считаться корректным по той причине, что этот показатель, в свою очередь, рассчитывается на основе показателя чистого дохода, который одновременно используется и в целевой функции модели. В этом случае область допустимых решений соответствующей оптимизационной задачи параметрически зависит от значения рассчитываемого в модели показателя, что отражается на ее структуре: становится возможной ситуация наличия только тривиального решения.

Для снятия этого противоречия предложено использование контрольной процедуры сравнения получаемого в процессе решения задачи математического программирования значения показателя  $ROE$  с допустимым уровнем производственного риска, задаваемым условием  $ROE \geq ROE^*$ , где  $ROE^*$  – барьерное значение, определяемое по правилу (5). В работе

обосновано, что такой подход позволяет корректно подойти к учету риска производственной сферы без явного включения соответствующего условия в блок рисковых ограничений.

Для учета остаточных рисков в настоящее время используются следующие подходы. Первый, основанный на определении величины демпфирующего их страхового резерва (его объем может быть определен, например, на основе имитационного моделирования возможного ущерба от реализации внешних и внутренних рисков предприятия), и альтернативный подход, основанный на учете «рисковых» издержек по отдельным их видам.

Второй подход автору представляется предпочтительным, так как позволяет явно учесть динамику изменения производственно-технологической и финансово-ресурсной баз предприятия путем соответствующей коррекции составляющих «рисковых» издержек (в отличие от первого подхода, предполагающего жесткую привязку величины страхового резерва к конкретным (в общем случае уже изменившимся) условиям деятельности предприятия). Следует также отметить отсутствие единообразия методов определения величины этого резерва, что, естественно, снижает практическую значимость первого из указанных подходов.

По этой причине в работе предложено остаточные риски учитывать в целевой функции в составляющих «рисковых» издержек.

Для учета внешних рисков, связанных с неопределенностью аналитической зависимости в паре «цена-спрос», в работе предлагается использовать подход, основанный на нечетком моделировании этой зависимости на этапе формирования сценария развития товарных, сырьевых и финансовых рынков.

В условиях высокой неопределенности, характеризующих предпринимательскую среду, в работе предложено допустимые уровни риска, определяемые барьерными значениями показателей  $ROE$  и  $K_A$ , учитывать в интервальной форме, задаваемой с помощью расширяющих коэффициентов  $\theta$ :

$$\hat{ROE}_t = [ROE_t^*; \theta_{ROE}^{(t)} \cdot ROE_t^*], \quad (9)$$

$$\hat{K}_A^{(t)} = [\theta_{K_A}^{(t)} \cdot K_A^{(t)*}; K_A^{(t)*}], \quad (10)$$

где:  $\hat{ROE}_t$  – скорректированное барьерное значение коэффициента  $ROE$ ;  $\theta_{ROE}^{(t)}$  – повышающий коэффициент оценки  $ROE_t^*$ ;  $\hat{K}_A^{(t)}$  – скорректированное барьерное значение коэффициента  $K_A$ ;  $\theta_{K_A}^{(t)}$  – понижающий коэффициент оценки  $K_A^{(t)*}$ .

Предложенный автором метод определения расширяющих коэффициентов  $\theta^{(t)}$  основывается на экспертных процедурах. Так, предварительно обработанные по методу



Дельфи суждения экспертов должны быть унифицированы: из сформированных наборов значений коэффициентов  $\theta_{ROE}^{(i)}$  и  $\theta_{KA}^{(i)}$  требуется выбрать единственный.

Для этой цели в соответствии с методом Т. Саати<sup>4</sup> предполагается построение обратно-симметричной матрицы их попарных сравнений, для которой далее следует выделить соответствующий ее наибольшему собственному значению собственный вектор. По наибольшей компоненте последнего и предлагается определять значения коэффициентов  $\theta_{ROE}^{(i)}$  и  $\theta_{KA}^{(i)}$ .

Применение метода математического моделирования оптимальной производственной стратегии предприятия с учетом факторов риска его рыночной деятельности предопределило целесообразность подготовки нормативно-информационного обеспечения математической модели на двух последовательных этапах, отличающихся элементарным составом и численными процедурами формирования информации и ориентированных на целостное представление функционала и ограничений модели.

На первом этапе формализуется сценарий  $\bar{w}_i = (\bar{P}_i, \bar{D}_i, \omega_i, S_i)$ , характеризующий возможный вариант реализации рыночной ситуации в планируемом периоде  $i$ , компонентами которого являются: значения рыночных цен ( $\bar{P}_i$ ) и спроса ( $\bar{D}_i$ ) на выпускаемую продукцию, уровни процентных ставок ( $\omega_i$ ), максимально возможные объемы краткосрочных заемных средств ( $S_i$ ).

Формализация сценария рыночной деятельности предприятия предполагает формирование аналитической зависимости в паре «цена-спрос», компоненты которой  $(p_j, D_j) (j = \overline{1, J})$ , где  $j$  – индекс наименования товарной продукции, используются в целевой функции и в системе ограничений (ограничение по рыночному спросу) модели предприятия.

В работе отмечено, что математический инструментарий методов построения такой зависимости включает методы нечеткой математики и экспертного оценивания. В работе предложено использовать первый из перечисленных подходов, что обусловлено следующими обстоятельствами: наличие дополнительных факторов, носящих, как правило, сезонный или иной характер, игнорирование которых существенно снижает точность моделируемой зависимости; необходимость учета субъективных предпочтений агентов рынка продукции предприятия, отражаемых, как правило, не в количественных, а в качественных категориях.

---

<sup>4</sup> Т. Саати. «Принятие решений. Метод анализа иерархий» (М.: Радио и связь, 1993).

Таким образом, формирование аналитической зависимости в паре  $(p_j; D_j)$  в работе предложено осуществить на основе процедуры нечеткого логического вывода<sup>3</sup> с учетом следующей особенности моделируемой зависимости: компоненты векторов  $\bar{P}$  и  $\bar{D}$  задаются в виде интервалов, а, следовательно, на этапе дефазификации (приведение нечетких значений спроса к четким, используемым далее в системе ограничений модели предприятия) необходимо использовать специальную процедуру (например, предложенный в работе метод средних центров).

На втором этапе формируется структура и элементное наполнение нерелятивной (директивно устанавливаемой) ЛППР составляющей  $\bar{w}_i = (\bar{\tau}_i, \bar{Y}_i, CC_{i-1}, COK_{i-1}, K_A^{(i)*}, ROE_i^*, R_i)$  производственной стратегии, компонентами которой являются параметры, характеризующие: объем и структуру имущественного капитала  $(\bar{\tau}_i)$ , включенного в основную производственную деятельность; ассортимент производимой продукции  $(\bar{Y}_i)$ ; объемы перманентного  $(CC_{i-1})$  и собственного капиталов  $(COK_{i-1})$ , предназначенные для финансирования основной производственной деятельности; барьерные значения коэффициентов автономии  $(K_A^{(i)*})$  и рентабельности собственного капитала  $(ROE_i^*)$ ; планируемую для периода  $i$  величину совокупных рискованных издержек  $(R_i)$ .

Для определения релятивной составляющей  $\bar{s}_i = (\bar{Y}_i, K_i)$  производственной стратегии для периода  $i$ , включающей объемы выпускаемой продукции  $(\bar{Y}_i)$  и привлекаемых кредитных ресурсов  $(K_i)$ , в работе предложена следующая модель:

$$CF_i = (1 - \delta_i) \cdot \left[ \sum_{j=1}^J (p_j^{(i)} - c_j^{(i)}) \cdot y_j^{(i)} - F_i - w_i \cdot K_i \right] + K_i - K_{i-1} - R_i \rightarrow \max; \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^J \lambda_{j,h}^{(i)} \cdot y_j^{(i)} \leq \tau_h^{(i)} \quad (h = \overline{1, H}); \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^J c_j^{(i)} \cdot y_j^{(i)} + F_i \leq COK_{i-1} + K_i; \quad (13)$$

$$0 \leq K_i \leq M_i; \quad (14)$$

$$y_j^{(i)} \geq \hat{y}_j^{(i)} \quad (j = \overline{1, J}); \quad (15)$$

$$y_j^{(i)} \leq D_j^{(i)} \quad (j = \overline{1, J}); \quad (15')$$

$$y_1^{(i)}, \dots, y_J^{(i)}, \dots, y_J^{(i)}, K_i \in Z_+. \quad (16)$$

<sup>3</sup> Д. Рутковская, М. Пилинский, Л. Рутковский. «Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы» (М.: Горячая линия – Телеком, 2006).

В качестве целевой функции используется величина  $CF_t$  консолидированного денежного потока производственной и финансовой деятельности за период  $t$ , компонентами которого являются:  $\delta_t$  – ставка налога на прибыль;  $p_j^{(t)} (j = \overline{1, J})$  – цена реализации ед. товарной продукции  $j$ -го наименования;  $c_j^{(t)} (j = \overline{1, J})$  – переменные издержки, приходящиеся на ед. продукции  $j$ -го наименования;  $y_j^{(t)} (j = \overline{1, J})$  – объем выпуска продукции  $j$ -го наименования;  $F_t$  – постоянные издержки производства;  $\omega_t$  – процентная ставка по заемным средствам;  $K_t$  – объем привлекаемых в периоде планирования  $t$  краткосрочных кредитов, погашение которых предполагается осуществить в периоде  $t+1$ ;  $K_{t-1}$  – объем привлеченных краткосрочных кредитов в предыдущем периоде планирования, погашение которых осуществляется в текущем периоде;  $R_t$  – величина страхового резерва.

Блок ограничений (12) отражает соответствие планируемой загрузки производственных мощностей наличному (или эффективному) времени работы основного и вспомогательного технологического оборудования<sup>6</sup>. Компонентами являются:  $\lambda_{j,h}^{(t)} (j = \overline{1, J}, h = \overline{1, H})$  – интенсивность поступления продукции  $j$ -го наименования на  $h$ -ю группу оборудования;  $\tau_h^{(t)} (h = \overline{1, H})$  – эффективное время работы оборудования  $h$ -й технологической группы;  $y_j^{(t)} (j = \overline{1, J})$ .

Финансово-ресурсное ограничение (блок (13)) отражает баланс денежных потоков: полное покрытие совокупных издержек собственными и заемными активами, включаемыми в производственный капитал. Компонентами являются:  $COK_{t-1}$  – собственный оборотный капитал на начало периода планирования  $t$ ;  $c_j^{(t)} (j = \overline{1, J})$ ;  $y_j^{(t)} (j = \overline{1, J})$ ;  $F_t$ ;  $K_t$ .

Выражение (14) задает ограничение по объему краткосрочных заемных средств, отражающее принимаемый ЛПР допустимый уровень риска финансовой сферы. Компонентами являются:  $M_t$  – верхняя граница на объем привлекаемых кредитных ресурсов<sup>7</sup>;  $K_t$ .

Блок «рыночных» ограничений (15)<sup>8</sup> отражает задаваемые сценарием величины рыночного спроса на продукцию предприятия:  $D_j^{(t)} (j = \overline{1, J})$  – величина рыночного спроса на продукцию  $j$ -го наименования;  $y_j^{(t)} (j = \overline{1, J})$ .

<sup>6</sup> По существу именно это ограничение определяет статичный характер приведенной модели.

$$^7 M_t = \min \left\{ \frac{1 - K_A^{(t)*}}{K_A^{(t)*}} \cdot CC_{t-1}; S_t \right\}, \quad (17)$$

где:  $K_A^{(t)*}$  – барьерное значение коэффициента автономии;  $CC_{t-1}$  – собственный капитал предприятия на начало периода  $t$ ;  $S_t$  – максимально доступный объем кредитных ресурсов на рынке.

<sup>8</sup> Ограничение (15) задает минимальный объем партии запуска и, по существу, может быть отнесено к производственно-технологическим, отражающим специфику конкретного предприятия. Компонентами

Таким образом, риски производственной и финансовой сфер в модели (11) – (16) учитываются следующим образом. Риск финансовой сферы учитывается в ограничении (14) с использованием правила (17) на основе барьерного значения  $K_A^{(n)}$  коэффициента автономии. Для учета риска производственной сферы используется контрольная процедура сравнения рассчитанного показателя  $ROE$  с его барьерным значением  $ROE^*$ , определяемым по правилу (5). Остаточные риски учитываются в критериальной функции (11) в составе рисковых издержек  $R_i$ . Внешние риски отражены при выборе зависимости «цена-спрос», устанавливаемой на основе нечеткого алгоритма моделирования указанной зависимости и учитываются в критериальной функции (11) и в блоке ограничений (15').

Отличительной особенностью оптимизационной задачи (11) – (16) является выпуклость многогранника допустимых решений, что позволило предложить следующий метод ее решения: линеаризация исходной целочисленной задачи, поиск квазиоптимального решения, локальная оптимизация квазиоптимального решения и последующая оценка получаемой погрешности<sup>9</sup>.

Представленный на рис. 2 численный алгоритм решения поставленной оптимизационной задачи наряду с высокой скоростью сходимости обладает и широкими адаптационными возможностями, так как на каждом шаге позволяет включать дополнительные ограничения<sup>10</sup>.

Как известно, структура задач математического программирования позволяет в границах интервала устойчивости оптимального решения получать зависимость изменения оцениваемой величины (результат рыночной деятельности предприятия) от изменения учитываемых в модели ограничений, в том числе и «рисковых».

С этой целью на основе первой теоремы двойственности формируется аналитическое представление ПФ в форме линейной свертки (1), которая имеет следующий вид:

$$CF_{\vec{w}_i, \vec{w}_i}^{(n)} = \sum_{h=1}^H \tau_h^{(n)} \cdot u_{\tau_h}^{(n)} + (COK_{i-1} - F_i) \cdot u_{COK}^{(n)} + M_i \cdot u_M^{(n)} + \sum_{j=1}^J \left( D_j^{(n)} \cdot u_{D_j}^{(n)} - \hat{y}_j^{(n)} \cdot u_{\hat{y}_j}^{(n)} \right), \quad (18)$$

---

являются:  $\hat{y}_j^{(n)} (j = \overline{1, J})$  – минимально допустимый объем партии запуска продукции  $j$ -го наименования;  $y_j^{(n)} (j = \overline{1, J})$ .

<sup>9</sup> Проблематика нахождения точного решения целочисленной задачи линейного программирования относится к проблемам NP-полных задач, возможные содержательные методы и алгоритмы решения которых, как правило, основываются на учете специфики рассматриваемой задачи.

<sup>10</sup> Напомним, что на каждом шаге предполагается изменять нерелятивную  $\vec{w}_i$  составляющую стратегии, например, с целью удовлетворения ограничения по допустимому уровню производственного риска.



минимально допустимого объема выпускаемой продукции  $j$ -го наименования;  $u_{Dj}^{(i)} (j = \overline{1, J})$  – двойственная оценка ограничения (15') на величину рыночного спроса на продукцию  $j$ -го наименования.

На основе выражения (18), как отмечено выше, в работе предлагается решать следующие задачи анализа, планирования и управления рыночной деятельностью предприятия: планирование и управление производством и сбытом, определение тактики поведения на рынках производственных факторов, оценка влияния на результаты рыночной деятельности принимаемого ЛПР уровня риска, варьируемого в интервалах, задаваемых правилами (9) и (10).

Присутствие среди компонент ПФ двойственной оценки рисковог ограничения (14) позволяет получить количественную оценку влияния риска на рыночный результат и, учитывая склонность ЛПР к риску, определить допустимые значения риска в условиях складывающейся конъюнктуры рынков и состояния производственно-технологической и финансово-ресурсной баз предприятия.

Практическая значимость модели (11) – (16), методов и численных процедур формирования оптимального варианта производственной стратегии предприятия с учетом факторов риска подтверждена результатами ее внедрения на объектах основного и вспомогательного производств ОАО «Сантехприбор» (г. Казань, Республика Татарстан). На их основе были разработаны рекомендации, включающие варианты производственных программ, структуру производственного капитала и допустимый уровень риска.

В рамках диссертационного исследования автором получены дополнительные результаты, обладающие научной новизной и собственной теоретической значимостью:

- разработан метод восстановления ПФ по ее дифференциальным характеристикам первого порядка, что позволило привести формализацию процедуры восстановления аналитических выражений ПФ классов Кобба-Дугласа и Аллена;

- для задачи математического моделирования ПФ на основе трехслойных перцептронов с нелинейными, непрерывными и дважды дифференцируемыми функциями активации нейронов промежуточного слоя получены соответствующие аналитические образы, позволяющие рассчитывать полный набор ее количественных характеристик.

**По теме диссертационного исследования опубликованы следующие работы:**

**Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК.**

Халиков М.А., Шардин А.А. Методы анализа и оценки риска рыночной деятельности подразделений иерархической производственной структуры // Менеджмент в России и за рубежом. – М., 2009. – № 1. – С. 108 – 119. (0,75 п.л., из них авторских 0,38 п.л.).

Шардин А.А. Теоретический подход и особенности моделирования производственной функции предприятия в условиях неопределённости товарных, финансовых и сырьевых рынков // Менеджмент в России и за рубежом. – М., 2009. – № 6. – С. 3 – 8. (0,37 п.л.).

Халиков М.А., Хечумова Э.А., Шардин А.А. Методология учета и оценки рисков производственной и финансовой сфер деятельности предприятия // Ученые записки Российской Академии предпринимательства: Роль и место цивилизованного предпринимательства в экономике России: Сб. науч. трудов. Вып. XXIII. – М.: Российская Академия предпринимательства; Агентство печати «Наука и образование», 2010. – С. 165 – 180. (1,09 п.л., из них авторских 0,37 п.л.).

**Публикации в других изданиях и тезисы докладов.**

Шардин А.А. Методы и подходы к моделированию иерархических производственных структур с учетом фактора риска // Современные аспекты экономики. – СПб., 2008. – № 1 (126). – С. 209 – 225. (1,0 п.л.).

Шардин А.А. Методы учета и формализации предпринимательских рисков объектов микроэкономики // Двадцать вторые Международные Плехановские чтения (14 апреля 2009 г.): Тезисы докладов аспирантов, магистрантов, докторантов и научных работников. – М.: ГОУ ВПО «РЭА им. Г. В. Плеханова», 2009. (0,1 п.л.).

Шардин А.А. Решение многокритериальных задач методами теории игр. // Управление в XXI веке: Материалы III Международной научно-практической конференции, 15 апреля 2009 г., Киров, – К.: Вятский Государственный Гуманитарный Университет; Факультет Управления; Научная лаборатория исследования систем государственного и муниципального управления, 2009. (0,2 п.л.).

Напечатано в типографии  
ГОУ ВПО «РЭА имени Г. В. Плеханова».  
Тираж 110 экз. Заказ № 64









102